

コスト関数の最小化に基づくデモザイキング

書籍番号 90155023 飯國研究室 伊藤 康広

1 はじめに

一般的に用いられるデジタルカメラには、図 1 に示されるベイヤー配列が採用されている。ベイヤー配列とは、規則的に各画素で赤、緑、青のうち1色のみを記録するものである。デモザイキングとは、各画素でその画素と周囲画素の色情報を利用して、残りの2色を再現することである。本論文では、滑らかさと色相の差のトレードオフに注目したコスト関数を作成し、その関数を最小化することによるデモザイキングの手法を提案する。これにより、デモザイキングは平易な連立一次方程式を繰り返し解くことに帰着できる。

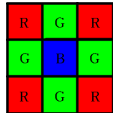


図 1: ベイヤー配列

2 コスト関数を利用した提案法

従来のデモザイキング手法の1つである線形補間では、ある求めたい画素の色を、周囲8近傍に存在する既知の同じ色の平均値で補間する。しかし、線形補間では画素値を滑らかにするように推定してしまうので、急峻な変化をするエッジで色ずれが生じてしまう問題がある。

提案法では、更新対象の画素の周囲との滑らかさを表す平均二乗誤差と、周囲の画素との色相の差を評価し、そのバランスを考慮したコスト関数を構成する。具体的には式(1)で与える。

$$J = \sum_n w_n \{(r - r_n)^2 + (g - g_n)^2 + (b - b_n)^2\} + \lambda \sum_n w_n \left\{ (r^2 + g^2 + b^2) - \frac{(r_n r + g_n g + b_n b)^2}{\|V_n\|^2} \right\} \quad (1)$$

ただし、 $\|V_n\|^2 = r_n^2 + g_n^2 + b_n^2$ である。 \sum_n は、更新画素の周囲にある計算対象である画素の総和、 $w_n (\geq 0)$ は計算対象画素に対する重み、 $\lambda (\geq 0)$ は第一項の滑らかさと第二項の色相の差のバランスをとる重みを表している。

例えば B を既知として R, G を決定したい場合、 r と g で偏微分して $\frac{\partial J}{\partial r} = \frac{\partial J}{\partial g} = 0$ とおくと、式(2)のような連立一次方程式がたてられるので、これを解けば唯一に R, G を定めることができる。式(2)の解を求めることで、コスト関数を最小化する r, g, b の組合せを求めることができる。

$$\begin{pmatrix} \sum_n w_n \left(1 + \lambda \frac{g_n^2 + b_n^2}{\|V_n\|^2}\right) & -\lambda \sum_n w_n \frac{r_n g_n}{\|V_n\|^2} \\ -\lambda \sum_n w_n \frac{r_n g_n}{\|V_n\|^2} & \sum_n w_n \left(1 + \lambda \frac{b_n^2 + r_n^2}{\|V_n\|^2}\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_n w_n r_n + \lambda \sum_n w_n \frac{b_n r_n}{\|V_n\|^2} b \\ \sum_n w_n g_n + \lambda \sum_n w_n \frac{g_n b_n}{\|V_n\|^2} b \end{pmatrix} \quad (2)$$

本手法ではまず、線形補間した結果を初期値に設定する。次いで式(2)を繰り返し適用し、 J を減らすように R, G, B の値を更新する。

3 提案法の評価

R, G, B 全てを各画素に記録した画像と、それをベイヤー配列を通した後にデモザイキングした画像との差を CMSE を用いて評価した。CMSE とは画像における1画素当りの r, g, b の平均二乗誤差のことである。

実験の結果、計算で考慮するのは更新する画素の周囲8近傍で十分であると分かった。 w_n の重み付けは一定にするよりも、更新画素との距離に反比例させた方が良かった。また、 $\lambda=20$ と設定した時が最も良かった。

1画素当たりの J の値は画像の更新回数に応じて、図2のようになった。更新回数は多すぎると、色が拡散しエッジから画像が劣化するので、適用回数は3回に固定した。

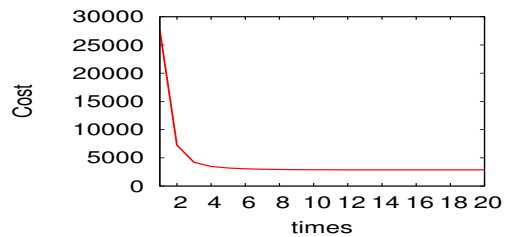


図 2: コストの変化

以上の条件で 24 枚の画像に対しデモザイキングを行った結果、線形補間の平均 CMSE は 92.24、Pei の方法 [1] では 38.90、提案法では 22.23 となった。

図3は左から線形補間、Peiの方法、提案法のデモザイキング結果である。線形補間や Peiの方法に比べると、提案法では色ずれが少なくなっていることがわかる。なお、画像1枚につき線形補間の実行時間は約 0.35 秒、提案法の実行時間は約 3.5 秒であった。



図 3: 出力結果

4 まとめ

コスト関数を最小化することにより、画像を高精度にデモザイキングする方法を提案した。提案法を従来法と比較すると、エッジでの色ずれが少なくなっており、提案法の有効性が確認できた。また、コストは最小に近い値で収束させることができた。

参考文献

[1] S.-C. Pei and I.-K. Tam, "Effective Color Interpolation in CCD Color Filter Arrays Using Signal Correlation," IEEE Trans., Circuits Systems Video Technol., Vol.13, no.6, pp.503-513, Jun. 2003.